PROYECTO MINA DE COBRE PANAMA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)
CATEGORIA III

Informe Semestral de Restauración Ecológica

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13230 13234 13237	Octubre 2020 a marzo 2021	MINERA PANAMA S.A.	28/05/2021

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. La meta final del proceso no es recuperar integralmente el estado anterior al disturbio, pero si garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo (SERI 2004).

El éxito de la restauración de un bosque tropical se mide en la recuperación de la biodiversidad, la biomasa y la productividad primaria, la materia orgánica del suelo, la capacidad de almacenamiento del agua y el regreso de las especies raras que son claves para reestablecer la estructura y las funciones del ecosistema (Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013).

El proceso de restauración ecológica suele ser muy dinámico e involucra adquirir información necesaria para la toma de decisión y el mejoramiento de metodologías aplicadas. Por tal razón, es importante el establecimiento de parcelas experimentales para desarrollar modelos de restauración que nos permitan garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo; y de gran interés resulta dar seguimiento a los monitoreos de las especies plantadas en el sitio, que permitan evaluar su desarrollo y evolución en respuesta de las condiciones climáticas y la composición del suelo que se presentan en el lugar.

Minera Panamá S.A., tiene como parte de sus compromisos ambientales la restauración de áreas dentro de la huella del Proyecto, la cual será ejecutada gradualmente durante el período de vida activa de la mina (aprox. 30 años), a medida que se culmine el trabajo del proyecto en áreas específicas.

2. OBJETIVOS

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, que aseguren el éxito de la restauración del Proyecto Mina de Cobre Panamá.
- Implementar el monitoreo (mortalidad, crecimiento y otros indicadores de las especies) de las parcelas establecidas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Establecimiento y descripción de la parcela de Restauración Ecológica Km 19+700, Pipeline Road

En el año 2017 se realizó el levantamiento de la información de la parcela de restauración en el área de la carretera del Pipeline (carretera de tuberías). La parcela de restauración se encuentra ubicada dentro del área de concesión del proyecto a orillas de la carretera entre los 08° 53'27.4" Norte y 80° 38'42.4" Oeste. La parcela está conformada por tres fajas de 20x100 metros, cada una de las cuales contiene cinco cuadrantes de 20x20 metros, los cuales fueron numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo y en cada uno de estos cuadrantes se hicieron 16 subcuadrantes de 5x5 metros.

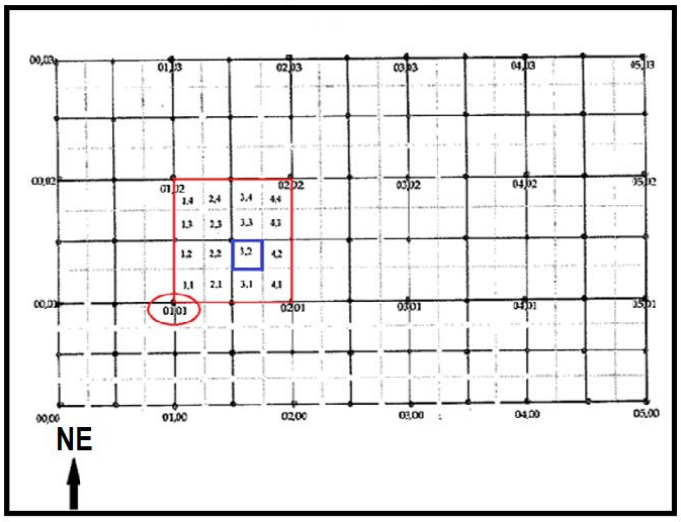

Figura 1. Modelo de la parcela del Km 19+700 del Pipeline Road demarcada en cuadrantes 20x20 m (recuadro rojo) y 16 sub-cuadrantes de 5x5 m (recuadro azul), codificados con sus respectivos números. Nótese la numeración del cuadrante 20x20 m (círculo rojo), ubicada en el vértice inferior izquierdo.

La parcela posee un suelo compuesto de material de arcilla roja y rocas con un pH aproximado de 6.1, que fue medido con la ayuda de un potenciómetro marca KEL INSTRUMENTAL. El

sitio cuenta con barreras de contención y canales de desague para evitar la erosión del suelo, de igual manera fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* con el mismo propósito.

La vegetación remanente que se encuentra en la parte de atrás de la parcela comprende mayormente especies heliófitas poco duraderas como *Trema michranta, Ochroma pyramidale, Cecropia* sp., *Isertia haeckeana*, *Isertia laevi*, además de otras especies arbustivas de menor tamaño como *Solanum* sp. y *Piper auritum*. Todas estas especies son responsables de la regeneración natural registrada en los monitoreos.

La especies herbáceas y rastreras regeneradas registradas en la parcela comprenden *Licopodiella cernua, Cyperus luzulae*, *Mimosa pigra, Ludwigia octovalvis, Neurolaena lobata, Ipomoea* sp., y el helecho *Pityrogramma calomelanos*, entre otras.

La parcela está sembrada con un distanciamiento específico de dos metros, esto, para dejar espacio para especies de crecimiento lento y de sotobosque que serán sembradas una vez las especies de crecimiento rápido estén establecidas.

Los individuos de diferentes especies fueron sembrados en línea perpendicular a la parcela, a una distancia de dos metros entre cada individuo. Cada línea de siembra tiene una distancia de dos metros de separación entre ellas (Figura 2). En cada línea, se encuentran sembrados plántulas de árboles y arbustos de forma homogénea

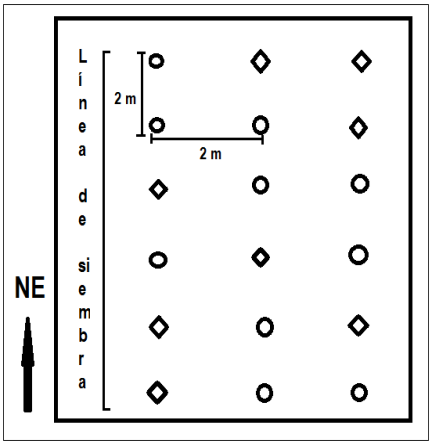

Figura 2. Diagrama de disposición de plántulas sembradas en un cuadrante 20x20 metros en la parcela de restauración del Km 19+700 de la carretera de tuberías. Nótese la línea de siembra de forma vertical hacia el Noreste, según la disposición de la parcela. Los círculos representan las plántulas de árboles y los cuadros representan los arbustos, dispuestos en cada línea de siembra a dos metros de distancia.

3.2. Establecimiento y descripción de la parcela de restauración MSA

La parcela de MSA fue establecida en el año 2019. Esta se ubica en el área del taller de equipos pesados, en el área denominada Área de Suministro de Materiales (MSA, por sus siglas en inglés), y diagonal a la garita MSA de entrada al Tajo de Botija; entre los 08°50´55.9" Norte y los 80°39´44.7" Oeste. La parcela se encuentra orientada hacia el Noroeste, según el sistema de coordenadas geográficas, mide aproximadamente 0.6 hectáreas y está conformada por dos fajas de 20x140 metros, cada una de las cuales contiene siete cuadrantes de 20x20 metros, numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo (Figura 1). De igual manera, cada uno de estos cuadrantes 20x20 metros están divididos en 16 subcuadrantes de 5x5 metros (Figura 3).

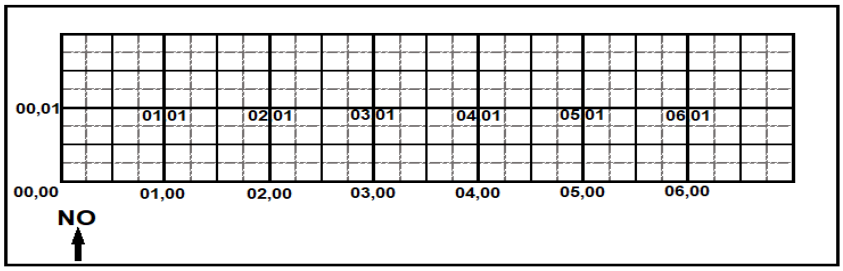

Figura 3. Modelo de la parcela del MSA demarcada en cuadrantes 20x20 m y 16 sub-cuadrantes de 5x5 m. Cada cuadrante 20x20 m se encuentra codificado con sus respectivos números en la parte inferior izquierda.

El suelo de la parcela del MSA está compuesto de material de arcilla roja y rocas, con una inclinación aproximada de 20 grados. El sitio cuenta con barreras de contención y canales de desague para evitar la erosión del suelo, de igual manera, fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* con el mismo propósito.

La siembra de plantones en esta parcela en el año 2019, se realizó sin un arreglo específico, esto es, que los plantones fueron sembrados de manera que no llevaran una línea ordenada de siembra, ni tampoco con un distanciamiento específico entre un plantón y otro como lo indica la figura 2. Entre las especies que fueron plantadas en la parcela se encuentran plantas de especies pioneras, y también de árboles y arbustos del sotobosque.

3.3. Monitoreo

Para este periodo (octubre 2020 – marzo 2021), se realizaron monitoreos en dos parcelas de restauración: en la parcela de carretera del Pipeline (Carretera de tuberías) Km 19+700 y en la parcela del MSA. En la parcela de la carretera Pipeline Km 19+700, es el tercer monitoreo realizado desde que se realizó el levantamiento de la información en el 2017 (demarcación de la parcela en cuadrantes y toma de la información de las plantas), mientras que en la parcela MSA, corresponde al segundo monitoreo desde el 2019 desde que se realizó el levantamiento de esta parcela.

El monitoreo de las parcelas se realiza para determinar variables como la sobrervivencia, salud, altura, diámetro del cuello de raíz y ancho de copa, de aquellas plantas que fueron sembradas desde el año 2015, y aquellas resembradas en 2016, 2017, 2018, 2019 y 2021 (en el caso de la parcela de la carretera Pipeline Km 19+700), y las sembradas en 2019, y resembradas en el 2020 y 2021 (en el caso de la parcela del MSA). Estas resiembras reemplazaron a aquellas plantas que murieron después de ser sembradas en el levantamiento de las parcelas. También se registraron las plantas de regeneración natural. El monitoreo de estas parcelas se realiza anualmente.

Las especies que resultaron muertas al momento de realizar el monitoreo de este año, fueron reemplazadas por plántulas de la misma especie, siempre que fue posible, provenientes del vivero. Las plantas muertas fueron contabilizadas y registrada en la base de datos para el posterior cálculo de sobrevivencia.

Las plantas fueron rotuladas utilizando placas de aluminio; marcando un código de seis letras en mayúsculas que comprende las tres primeras letras del género y las tres primeras letras de la especie. Además, se registró un código que comprende el número de la planta, el número del cuadrante 20x20 metros y el número del subcuadrante 5x5 metros, que indica donde está ubicada dicha planta (Figura 4).

Cabe sañalar, que en el 2020 no se pudo realizar el monitoreo anual en la parcela de la carretera Pipeline Km 19+700, ya que por motivo de la pandemia del Covid-19, El Ministerio de Salud (MINSA) estableció un cerco sanitario desde el 20 de marzo de 2020, para limitar el acceso a la Mina, y mediante la Resolución No. 1394-A del 25 de mayo de 2020, ordenó la suspensión

temporal de las operaciones de Minera Panamá S.A, lo cual redujo en gran medida los trabajos, a labores esenciales solamente.

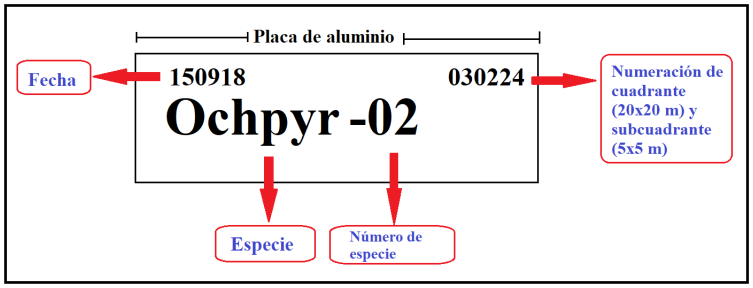

Figura 4. Rotulación de plantones utilizando placas de alumino. Se muestra un ejemplo de la especie *Ochroma pyramidale* (Ochpyr) sembrada y mapeada en una de las parcelas de restauración. El código a la derecha indica la ubicación de esta planta en la parcela: cuadrante 0302, en el subcuadrante 2,4.

3.4. Restauración de áreas por el camino hacia la costa

3.4.1. Descripción

Para este periodo (octubre 2020 – marzo 2021), fueron realizadas actividades de restauración de nuevas áreas por el camino hacia la costa. Estas áreas consisten en taludes a ambos lados del camino (Anexo 7.3). En total fueron identificas y sembradas ocho áreas que comprenden en total 0.6 hectáreas.

Las áreas identificadas se encuentran hidrosembradas con *Brachiaria decumbens* para controlar la eroción del suelo. El suelo predominate es el arcilloso rojo en los taludes y la vegetación predominate que bordea a estas áreas a orilla de la carretera comprende principalmente, especies pioneras como *Cecropia* sp., *Isertia laevis*, *Isertia haeckeana*, *Ochroma pyramidale*, *Trema michranta*, *Trichospermum galeottii*, entre otras.

3.4.2. Limpieza de maleza y tratamiento del suelo

Antes de realizarse la siembra de plantas, a las ocho áreas identificadas se les realizó la limpieza para remover la hierba (*Brachiaria decumbens*) con la ayuda de máquinas manuales para cotar grama. Luego de la limpieza fue medido el pH inicial a cada una de las áreas y después fue aplicado al suelo Hidróxido de Calcio (Cal) [Anexo 7.3]. La finalidad de aplicar calcio (cal) al suelo es la de poder elevar el pH ácido del suelo arcilloso rojo carácteristico en el sitio del proyecto, y así facilitar la absorción de nutrientes en las plantas.

3.4.3. Siembra y fertilización

Los plantones fueron sembrados sin un arreglo ni distanciamiento específico; donde se sembraron sólo arbustos y árboles de menor tamaño, ya que son áreas de talud cercanas a la carretera. Durante la realización de esta actividad también fue aplicado inmediatamente el fertilizante que comprendió una mezcla de fertilizante químico completo (12-24-12) y fertilizante granular orgánico de Leonardita, cuya mezcla fue añadida agujeros ubicados a ocho centímetros de la planta (Anexo 7.3).

3.5. Mantenimiento

Tanto a la parcela de restauración del Km 19+700 del Pipeline Road, como a la parcela de MSA y demás parcelas (parcela Poza 4 y 5 en Puerto), se les dio mantenimiento para este periodo. De igual manera, a aquellas áreas restauradas a orillas del camino hacia la costa (Anexo 7.3). El mantenimiento consistió en limpiar el remanente de hierba de la hidrosiembra, alrededor de los plantones (para evitar que la hierba no los "ahogue"), y posteriormente se realizó la aplicación de fertilizante químico de nitrato de amonio (urea) y abono foliar. También fueron fumigadas contra los patógenos cada 15 días con fungicida e insecticida por un periodo de tres meses.

3.6. Registro de la Información y Análisis

La información registrada de crecimiento, mortalidad y regeneración natural en la parcela de restauración del Pipeline Km 19+700 y la parcela de MSA, se ingresó en la base de datos (Access Microsoft) para su posterior análisis.

El análisis de la sobrevivencia y mortalidad de cada especie nos permite identificar especies que pueden ser más aptas para ser utilizadas en las etapas tempranas de la restauración, y si es necesario, aplicar técnicas adicionales para mejorar su desarrollo desde la etapa de germinación y mantenimiento de plantones en el vivero, y posteriormente en las parcelas de restauración.

Para la selección de plantones adecuados se tomaron tres criterios según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013:

> *Categoría 1*: las plantas que quedadon por debajo de la mayoría o de todos los estándares mínimos aceptables fueron consideradas como especies no aceptables. Estas especies no

se descartarán del proyecto de restauración, pero se les dará un seguimiento más riguroso para lograr mejorar su rendimiento en las parcelas de restauración.

Categoría 2: las plantas que excedieron algunos de los estádares mínimo aceptables, pero quedaron por debajo de otros, o quedaron por debajo de varios estándares por un margen pequeño, fueron consideradas como especies marginales. Estas especies se someterán a investigación para mejorar su rendimiento.

Categoría 3: Las plantas que excedieron en gran proporción a la mayoría de todos los estádares mínimos fueron consideradas como especies aceptables y, por ende; adecuadas para utilizar en futuras plantaciones.

Los estándares aceptables para las plantas fueron: tener una tasa de subrervivencia de más del 50%, y que tanto la altura como el ancho de copa hayan excedido más del doble luego de 12 meses de haberse plantado.

4. RESULTADOS

4.1. Monitoreo en la parcela de restauración del Km 19+700, Pipeline Road

Desde el año 2017 en que fue levantada la información sobre las plantas sembradas en la parcela de restauración, hasta la fecha, se han realizado tres (3) monitoreos. En cada monitoreo se ha registrado individuos de especies nativas que habían sido sembrados desde el año 2015 (año del establecimiento de la parcela), y posteriormente, aquellos individuos resembrados en el año 2016, 2017, 2018 y 2019, que reemplazaron aquellos individuos muertos de especies plantadas en el 2015. Además, se ha reportado las especies de regeneración natural (reclutas), que han surgido producto de la vegetación que rodea la parcela de restauración.

4.1.1. Análisis de sobrevivencia

En el monitoreo de este año en la parcela del Km 19+700 (Pipeline Road), se contabilizó la pérdida de 437 individuos, lo que corresponde al 34% de las plantas sembradas. Pero, también se contabilizaron 50 individuos nuevos de regeneración natural (reclutas). Todas las plantas que se identifican que han muerto (aquellas que fueron sembradas desde el 2015), son reemplazadas por

la misma especie, siempre que sea posible, y anotadas en la base de datos, para llevar un registro para su seguimiento el próximo monitoreo.

Actualmente, tres (3) parcelas (parcela de restauración 2.5, la parcela de restauración del Km 19+700 del Pipeline Road y la parcela de MSA de las ocho (8) parcelas de restauración existentes, están parceladas y bajo monitoreo anual.

Las especies que marcaron mayor cantidad de individuos muertos para este periodo fueron aquellas resembradas en el 2018 y 2019 (Figura 5). La mortalidad de plantones refleja las condiciones propias del suelo arcilloso rojo presente en la parcela de restauración. El suelo arcilloso rojo se caracteriza por contener un pH ácido que dificulta la absorsión de nutrientes a través de las raíces de las plantas.

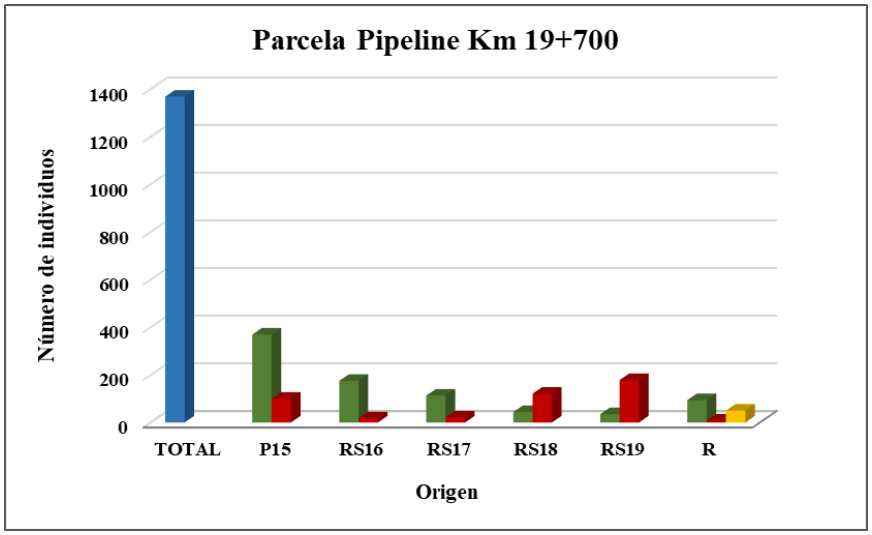

Figura 5. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante este periodo de monitoreo. En el gráfico se muestra el total de plantas contabilizadas en este periodo (barra azul) y la mortalidad de individuos (barras rojas). **P15=** corresponde a plantas sembradas en el año 2015, **RS16**= corresponde a plantas resembradas en el año 2016, **RS17**= corresponde a plantas resembradas en 2017, **RS18**= corresponde a plantas resembradas en el 2018, **RS19**= corresponde a plantas resembradas en 2019, **R**= regeneración natural. Nótese la barra amarilla, que corresponde a nuevas plantas de regeneración natural registradas para este periodo.

4.1.2 Sobrevivencia de especies resembradas en el año 2019 en la parcela Km 19+700 (Pipeline Road)

En la figura 6 se muestra el número de individuos sobrevivientes de 21 especies que fueron resembradas en el año 2019. La gráfica refleja la sobrevivencia de estos individuos resembrados en el año 2019 y no en el 2020, ya que, por motivo de la pandemia del Covid-19, el Ministerio de Salud (MINSA), ordenó la suspensión temporal de las operaciones de Minera Panamá S.A, lo cual redujo en gran medida los trabajos durante todo ese tiempo, a labores esenciales solamente. Por tanto, la resiembra y el monitoreo programado en esta parcela no se llevó a cabo.

A partir de este periodo, fueron retomadas las actividades en esta parcela, donde fueron reemplazados individuos muertos provenientes de 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019 con individuos de la misma especie.

Durante este periodo de monitoreo pocas especies marcaron mayor sobrevivencia, esto se debe a que no fue posible darles el debido mantenimiento a los plantones, a causa del cece temporal de operaciones del proyecto, por motivos mencionados anteriormente. Entre las especies que marcaron mayor sobrevivencia están: *Croton billbergianus* (Crobil), *Inga* sp. (Ingsp), *Ochroma pyramidale* (Ochpyr) y *Senna reticulata* (Senret).

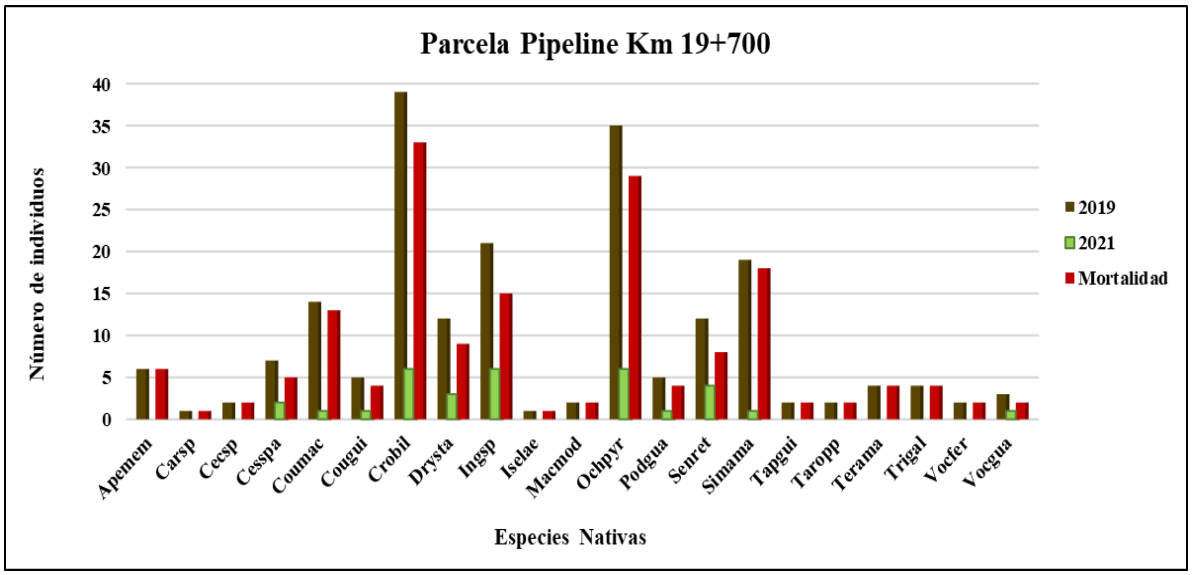

Figura 6. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2019

4.2. Monitoreo en la parcela de restauración MSA

En el año 2019 se realizó el levantamiento de la información de la parcela del MSA. Para este periodo (octubre 2020 – abril 2021) se llevó a cabo el primer monitoreo para determinar la sobrevivencia de las especies sembradas. En el monitoreo se registraron individuos de especies nativas que habían sido sembrados en el 2019 (año del establecimiento de la parcela). También se reportaron dos especies de regeneración natural como son: *Piper auritum* y *Cecropia* sp., que han surgido producto de la dispersión de semillas por animales.

4.2.1. Análisis de sobrevivencia

En el monitoreo de este año en la parcela del MSA, se contabilizó la pérdida de 496 individuos, lo que corresponde al 42% de las plantas sembradas. También se contabilizaron cinco individuos nuevos de regeneración natural (Figura 7). Todas las plantas que se identifican que han muerto (las sembradas en el 2019), son reemplazadas por la misma especie, siempre que sea posible, y anotadas en la base de datos, para llevar un registro para su seguimiento el próximo monitoreo. La baja sobrevivencia también se ha debido esto se debe a que no fue posible darles el debido mantenimiento a los plantones durante el 2020, a causa del cece temporal de operaciones por motivos mencionados anteriormente.

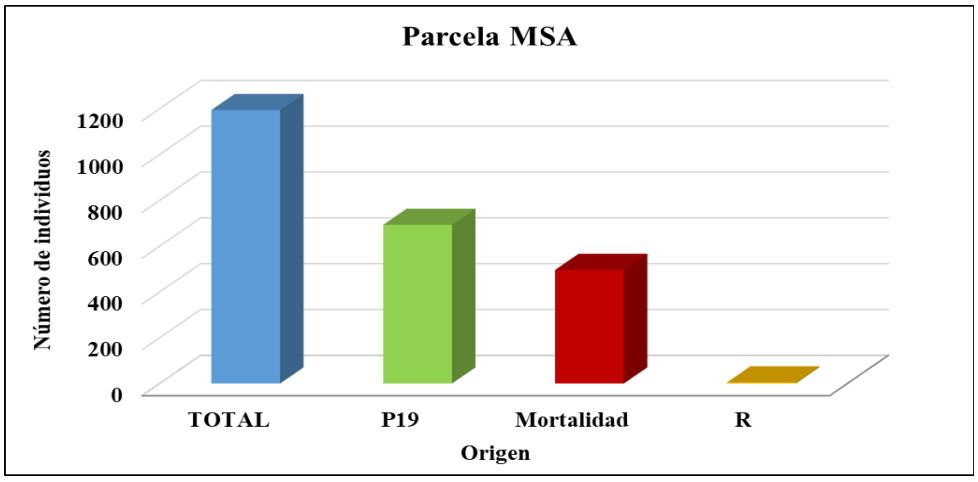

Figura 7. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante este periodo de monitoreo. En el gráfico se muestra el total de plantas contabilizadas en este periodo (barra azul) y la mortalidad de individuos (barra roja). **P19=** corresponde a plantas sembradas en el año 2019. **R**= Regeneración natural.

Las especies que macaron mayor sobrevivencia en esta parcela para este monitoreo fueron: *Cecropia* sp. (Cessp), *Cespedesia spatulatha* (Cesspa), *Inga* sp. (Ingsp), *Macrolobium modicopetalum* (Macmod), *Ochroma pyramidale* (Ochpyr), *Podocarpus guatemalensis* (Podgua), *Senna reticulata* (Senret) y *Terminalia amazonia* (Terama) [Figura 8].

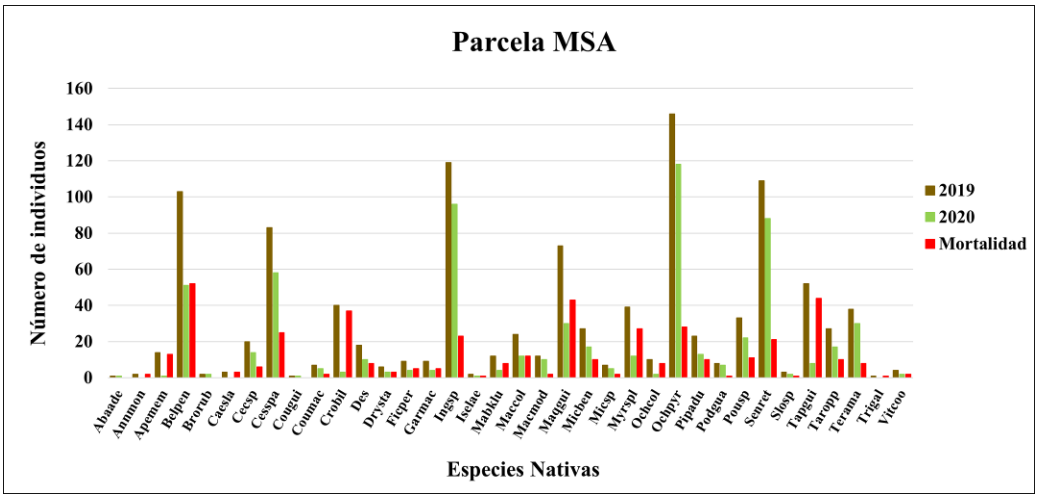

Figura 8. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2019

4.2.2. Evaluación de especies nativas resembradas en el 2019 en la parcela de restauración MSA; según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013.

El análisis de evaluación nos permite determinar el desempeño de una especie después de un año de ser plantadas en la parcela de restauración. La evaluación determinó que 12 especies en total marcaron un buen desempeño en la parcela, tales como: *Abarema Adenophora*, *Cecropia* sp., *Inga* sp., *Isertia laevis*, *Macrolobium colombianum*, *Miconia benthamiana*, *Miconia* sp., *Ocrhoma pyramidale*, *Piper aduncum*, *Podocarpus guatemalensis*, *Senna reticulata*, *Taralea oppositifolia* y *Terminalia amazonia* (Cuadro 1). Especies como: *Bellusia pentamera*, *Brosimum rubesces*, *Couratari guianensis*, *Couma macrocarpa*, *Vitex cooperi*, entre otras, a pesar de marcar una alta tasa de sobrevivencia en la parcela, mostraron un bajo crecimiento. Por otra parte, especies como *Apeiba membranacea*, *Croton billbergianus*, *Garcina magnifolia*, *Mabea klugii*, *Maquira guianensis*, *Ochoterenaea colombiana* y *Tapirira guianensis*, no se encontraron dentro de los estándares aceptables según el análisis de Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013.

4.3. Áreas de restauración en el camino hacia la costa

En el cuadro 2 se muestra la información de las áreas que fueron sembradas en el Camino hacia la Costa, la superficie en metros cuadrados y en hectáreas, y la cantidad de plantas que fueron sembradas en cada una de ellas.

En total fueron sembradas 5,885 m^2 (0.6 hectáreas) con un total de 992 plantones de especies nativas provenientes del vivero.

Cuadro 2. Áreas para restauración sembradas en el Camino hacia la Costa

Nombre de la parcela	Superficie (m^2)	Hectárea (ha)	Cantidad de plantas
Km 8+125	1,400	0.14	175
Km 8+300	186	0.02	267
Km 9+800	1,194	0.12	76
Km 13+500	902	0.09	117
Km 14+200	370	0.04	93
Km 14+625	804	0.08	40
Km 5+200	777	0.08	121
Km 4+875	252	0.03	103

5. CONCLUSIONES

1. Para este periodo de monitoreo (octubre 2020 - marzo 2021) en las parcelas monitoreadas Camino de Tuberías (Pipeline Road), Km 19+700 y la del MSA, se contabilizaron una tasa de mortalidad del 34% y 42%, respectivamente, del total de las plantas sembradas. De igual menera, se registraron un total de 50 individuos de regeneración natural para la parcela del Km 19+700, del Pipeline Road y cinco para la parcela del MSA.

2. El análisis de evaluación anual para las especies resembradas en 2019 en la parcela del MSA, determinó que 12 especies son aptas para resturar futuras parcelas dentro del proyecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

CTF. 2018. Trees, Shrubs, and Palms of Panama. http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php. Consultado en diciembre, 2018.

Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick, 2013. Restauración de Bosques Tropicales: un manual práctico. Royal Botanic Gardens, Kew; 344 pp.

Gentry, A.H. 1993. A Fiel Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwesdt South America (Colombia, Ecuador, Peru): With Supplementary Notes on Herbaceous Taxa. Chicago: The Univertiy of Chicago Press; 895 pp.

Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán (Editores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Cartago: Libro Universitario Regional; 691 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2010. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Clusiceae-Gunneraceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 970 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Haloragaceae-Phytolaccaceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 932 pp.

Nepstad, D. C., Uhl, C., C. A. Pereira y J. M. Cardoso da Silva, 1996. A Comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. Oikos 76:25-39.

Pérez, R. 2008. Árboles de los Bosques del Canal de Panamá. Panamá: Boski S.A.; 466 pp.

SER 2004. *Principios sobre SER International* sobre la restauración ecológica SER (*Society for Ecological Restoration International* – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).
Flora Mesoamericana. 2018. http://www.tropicos.org/Project/FM. (Accesado en diciembre 2018).

Missouri Botanical Graden-Base de Datos MPSA. 2018. http://www.tropicos.org/Project/MPSA. (Accesado en diciembre 2018).

Warwood, N.C. 1999. Seedlings of Barro Colorado Island and the Neotropic. London: Cornell University Press; 645 pp.

Woodson, R.E. y R.W. Schery. 1980. Flora de Panamá. St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 7396 pp.

7. ANEXOS

Anexo 7.1 Vivero de plantas nativas

7.1.1 Colecta de semillas y plántulas

Para la recolecta de material genénetico (plántulas y semillas), que se utilizan en el proceso de restauración ecológica, se realizaron giras de campo donde se extrajeron plántulas, semillas y muestras para la identificación taxonómica de árboles y arbustos de especies de sombra y de especies pioneras dentro del área del proyecto. Las especies fueron identificadas utilizando claves taxonómicas como la Flora de Costa Rica (Hammel et. al, 2010; 2007), Flora de Panamá (Woodson y Schery, 1980), Flora Mesoamericana (http://www.tropicos.org/Project/FM, 2019), y fueron corroboradas con la ayuda de la Base de Datos de Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/Project/MPSA, 2019), y del Centro de Ciencias de Bosques tropicales (CTFS, por sus siglas en inglés: http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php, 2019), como también guías de campo (Gentry, 1993) y libros de texto (Warwood, 2009; Pérez, 2008), referentes a la flora nativa de Panamá, específicamente, del área de la Vertiente del Caribe.

a) Semillas: se utilizaron varas de colecta para poder alcanzar los frutos de árboles altos. Las mismas fueron separadas y guardadas en bolsas de papel con los datos de registro del árbol.

b) Plántulas: se colectaron dentro del bosque o áreas abiertas y se trasladaron al vivero para su posterior siembra. Esta es una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

7.1.2 Producción y Manejo en el Vivero

Desde inicio del programa de restauración en el año 2014, se han producido en el vivero un total de 97, 237 plántulas correspondiente a 106 especies, pertenecientes a 39 familias. Estas plantas fueron colectadas, tanto en semillas o como plántulas, tanto en áreas abiertas (especies pioneras) como boscosas. Actualmente, en las instalaciones del vivero se han construido cámaras con plástico de invernadero para aclimatar las plántulas que son traídas del bosque y aquellas provenientes de la germinación de semillas en las camas de arena. Las camas de arena para la germinación de semillas, fueron contruidas utilizando como sustrato arena de río previamente

esterilizada con la aplicación de nematicida y fungicida. Dependiendo de las especies, con semillas que requieren más cuidado al momento de germinar y de mayor tiempo de latencia, las semillas fueron sembradas utilizando sustrato de micorrizas.

El suelo utilizado en el vivero para la siembra de plántulas que se extraen del campo y aquellas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena o micorriza, comprende suelo de aluvión mesclado con arena de río en una proporción de 3:1 (aluvión: arena), luego es esterilizado con nematicida y fungicida; que se deja en reposo por una semana antes de ser utilizado para la siembra.

La finalidad de las cámaras de invernadero en el vivero es la de mantener la temperatura y humedad óptima, para incrementar el desarrollo y crecimiento radicular de los plantones y, además, para evitar el ataque de plagas. De esta forma se logra mejorar la calidad y resistencia de estas plantas al momento de ser sembradas en las parcelas de restauración. Dichas cámaras de invernadero también aceleran la velocidad de germinación de las semillas en las camas de germinación.

Las plantas fueron propagadas utilizando un sistema de raíz dirigida, basado en tubetes de varias dimensiones, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y aseguran la sobrevivencia de cada una de las plantas.

Las plántulas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena, se sembraron en los tubetes con sustrato de aluvión y permanecieron en áreas de sombra dentro del vivero por un tiempo aproximado de tres semanas, luego fueron pasadas al sol de forma paulatina, en donde permanecieron el tiempo requerido que les permitiera completar su aclimatación antes de ir a las parcelas. Las plantas que salgan al campo deben tener entre 10 y 50 cm de altura, con un alto nivel de desarrollo radicular, foliar y del tallo, que les permita resistir las condiciones ambientales existentes en las parcelas.

Las plantas fueron podadas cada cierto tiempo (2-4 semanas), tanto las que permanecen dentro del vivero como la que están expuestas al sol. La poda de las plántulas consiste en remover

aquellas hojas secas y con presencia de patógenos (hongos, bacterias y virus), para evitar contaminar el resto de las plantas. Esta operación se realizó a primeras horas de la mañana, a media tarde o en días nublados; con el cuidado de evitarle a la planta un estrés a causa de la luz directa del día.

7.1.3 Germinación de semillas

Las pruebas de germinación nos permiten responder preguntas básicas como cuántas semillas germinan (tasa de germinación) y cuánto tardan (latencia). Ambos parámetros se pueden usar e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

Para este periodo se pusieron a germinar semillas de cuatro especies pioneras: *Ochroma pyramidale, Senna reticulata, Trichospermum galeottii* y *Piper auritum*. Estas semillas fueron puestas a germinar en las camas de germinación con sustrato de arena de río y micorriza dentro del vivero, y cubiertas con las respectivas cámaras de invernadero por aproximadamente dos semanas. Cabe señalar, que las semillas de ciertas especies se pusieron a germinar sometiéndolas a tratamientos pregerminativos en agua caliente para acelerar el proceso.

El procentaje de germinación fue variable para las especies analizadas (Cuadro 7.1). La especie con mayor porcentaje de germinación fue *Tricospermum galeotti*, mientras que, las semillas de *Ochroma pyramidale* marcaron un porcentaje de germinación bajo (0.3%) en sustrato de micorrizas, a pesar de que fue aplicado el tratamiento pregerminativo.

Cuadro 7.1. Tiempo y porcentaje de germinación de especies nativas producidas en el vivero

Especie	Código de especie	Sustrato de germinación	Tratamiento pregerminativo	Tiempo en germinar	Porcentaje de germinación
Trichospermum galeottii	Trigal_LL6	Arena previamente esterilizada con herbicida y fungicida	2 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 °C)	8 días	1.2%
Ochroma pyramidale	Ochpyr_QQ6	Arena previamente esterilizada con herbicida y fungicida	2 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 °C)	11 días	0.8%
Ochroma pyramidale	Ochpyr_GG7	Micorrizas	2 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 °C)	10 días	0.3%
Senna reticulata	Senret_FF7	Arena previamente esterilizada con herbicida y fungicida	2 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 °C)	4 días	0.8%
Ochroma pyramidale	Ochpyr_ZZ5	Arena previamente esterilizada con bactericida	2 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 °C)	6 días	0.4%
Piper auritum	Pipaur_JJ7	Micorrizas	No aplicado	12 días	Muchas

*****La especie *Piper auritum* posee semillas muy pequeñas, lo que dificulta su contabilidad y, por consiguiente, no es posible obtener el porcentaje de germinación.

Anexo 7.2. Regeneración natural de plántulas, en el cuadrante con sustrato orgánico del bosque

En en el áño 2017, se realizó una prueba que consistío en rellenar un área de 20x20 metros con una capa de aproximadamente 15 cm de grosor de materia orgánica de hojarasca y suelo proveniente del bosque adyacente a la parcela del Km 19+700 (Pipeline Road). Esta prueba prentende comparar la velocidad de regeneración de esta área, con el resto del área restaurada por siembra de plantones provenientes del vivero.

Para este periodo se realizó el tercer monitoreo donde fueron contabilizadas nuevas plántulas de regeneración natural encontradas en el cuadrante. Se registraron un total de 18 individuos, repartidos en seis especies y cinco familias (Cuadro 7.2). De estas especies identificadas, dos son especies de bosque (de sombra): *Inga* sp. y *Clusia* sp.; tres son especies pioneras (pioneras), tales como, *Bellucia pentamera*, *Isertia laevis* y *Vismia macrophylla*. Cabe señalar, que una especie fue registrada como desconocida, ya que no pudo ser indentificada taxonómicamente en su estado de plántula.

Cuadro 7.2. Especies de regeneración natural

Especie	Familia	Tipo	Total
Vismia macrophylla	Hypericaceae	Pionera	8
Bellusia pentamera	Melastomataceae	Pionera	2
Clusia sp.	Clusiaceae	Sombra	1
Inga sp.	Fabaceae	Sombra	1
Isertia laevis	Rubiaceae	Pionera	2
Desconocida			4

Anexo 7.3. Registro Fotográfico

Establecimiento de nuevas áreas para restauración en el camino hacia la costa

A-B. Área del Km 8+125. **C-D**. Área del Km 8+300. **E-F**. Área del Km 13+500

Actividades del establecimiento de áreas para restauración en el camino hacia la costa

A. Limpieza del área con máquina cortagrama. **B.** Ahoyado para la siembra de plantones. **C.** Aplicación de cal. **D.** Siembra de plantones. **E.** Fertilización de plantones.

Mantenimiento de parcelas de restauración en el Sitio Puerto

A. Fertilización de plantones con fertilizante foliar en la parcela de la Poza 5. **B**. Parcela de la Poza 5 antes de la limpieza de la maleza; **C**. Parcela de la Poza 5 después de la limpieza.